

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan jumlah penduduk, urbanisasi, dan aktivitas perkotaan menyebabkan volume air limbah domestik terus meningkat. Air limbah dari kegiatan rumah tangga, perkantoran, dan fasilitas umum mengandung senyawa organik dan anorganik yang berpotensi mencemari badan air apabila dibuang tanpa pengolahan. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan air limbah yang efektif, berkelanjutan, dan ramah lingkungan untuk mengurangi beban pencemar sebelum dibuang ke lingkungan.

Kandungan bahan organik dalam air limbah salah satunya dinyatakan melalui parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang digunakan sebagai indikator beban organik dan kinerja pengolahan. Salah satu metode untuk menurunkan COD adalah proses biologis aerobik yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme. Proses tersebut memerlukan ketersediaan oksigen yang memadai, sehingga kemampuan transfer oksigen (*Oxygen Transfer Rate/OTR*) menjadi salah satu faktor yang mendukung aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik.

Salah satu teknologi pengolahan biologis aerobik adalah *trickling filter*, yaitu reaktor *biofilm* yang menggunakan media lekat sebagai tempat pertumbuhan mikroorganisme. Karakteristik media berpengaruh terhadap pelekatan *biofilm*, distribusi air, difusi oksigen, dan kontak mikroorganisme dengan substrat. Media konvensional yang digunakan antara lain batu pecah (*crushed stone*) karena memiliki kekuatan mekanik tinggi dan tahan terhadap degradasi. Namun, batu memiliki bobot yang relatif berat dan luas permukaan spesifik yang lebih rendah dibandingkan media berpori atau berserat. Sementara itu, media sintetis seperti plastik, *bioball*, dan *polyurethane sponge* memiliki luas permukaan yang tinggi, tetapi berasal dari bahan yang sulit terdegradasi. Kondisi tersebut mendorong pengembangan media *biofilm* alami yang lebih ramah lingkungan.

Pemilihan media *biofilm* dipengaruhi oleh karakteristik fisik seperti porositas, kekasaran permukaan, ukuran pori, dan stabilitas media yang mendukung pelekatan

mikroorganisme serta difusi oksigen dan nutrisi. Penelitian Massaid et al. (2026) menunjukkan bahwa serat alami berpotensi digunakan sebagai alternatif media *biofilm* karena bersifat *biodegradable*, tersedia melimpah, berbiaya rendah, dan memiliki karakteristik fisik yang mendukung pertumbuhan *biofilm*. Salah satu media yang dikaji adalah ijuk (*Arenga pinnata*), yang memiliki struktur serat kasar, berpori, dan relatif stabil. Berdasarkan metode TOPSIS, ijuk memperoleh nilai preferensi sebesar 0,778 dan menunjukkan performa yang mendekati *polyurethane sponge*, serta memiliki tingkat degradasi yang relatif rendah dibandingkan beberapa serat alami lainnya. Karakteristik tersebut menunjukkan potensi ijuk sebagai media *biofilm* alami untuk pengolahan air limbah.

Meskipun demikian, Massaid et al. (2026) berfokus pada karakteristik fisik dan degradasi media alami sebagai kandidat media *biofilm* dan belum mengkaji penerapan ijuk pada sistem *trickling filter* serta hubungan OTR dengan penyisihan COD. Padahal, karakteristik media dapat memengaruhi kondisi *biofilm*, transfer oksigen, dan proses biodegradasi. Oleh karena itu, kajian mengenai penyisihan COD dan OTR pada *trickling filter* menggunakan media ijuk masih diperlukan.

Penelitian ini menggunakan air limbah domestik artifisial karena memiliki karakteristik yang lebih beragam sehingga pengaruh kondisi operasi terhadap penyisihan COD dan transfer oksigen dapat diamati secara lebih objektif. Variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT) 12, 8, dan 6 jam diterapkan untuk melihat respons sistem terhadap perubahan waktu tinggal. Selain itu, kondisi *non-seeding* dan *seeding* digunakan untuk membandingkan kinerja sistem tanpa dan dengan penambahan inokulum mikroorganisme.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis profil COD dan OTR pada sistem *trickling filter* menggunakan media serat *Arenga pinnata* dengan variasi HRT pada kondisi *non-seeding* dan *seeding*. Hasil penelitian diharapkan memberikan informasi mengenai potensi ijuk sebagai media *biofilm* alami serta mendukung pengembangan teknologi pengolahan air limbah domestik yang sederhana, ekonomis, dan ramah lingkungan.

1.2 Maksud dan Tujuan penelitian

1.2.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem pengolahan air limbah yang efisien, berbasis bahan alami, dan berkelanjutan dengan memanfaatkan media alami yaitu serat *Arenga pinnata* sebagai alternatif pengganti media sintetis pada *trickling filter*. Penelitian ini menggunakan sampel air limbah artifisial untuk memperoleh hasil yang lebih terkontrol dan akurat dalam mengevaluasi adaptasi sistem dan efisiensi penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Pengukuran *Oxygen Transfer Rate* (OTR). Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah dalam penerapan teknologi tepat guna untuk pengolahan limbah cair di skala laboratorium maupun lapangan.

1.2.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis profil COD dan Nilai OTR pada *trickling filter* dengan media ijuk (*Arenga Pinnata*) pada kondisi *non seeding* dan *seeding* akibat pengaruh HRT dengan variasi 12 jam; 8 jam; dan 6 jam.
2. Menganalisis kemampuan media ijuk (*Arenga Pinnata*) sebagai tempat pertumbuhan *biofilm* dalam penyisihan COD dan menghitung nilai OTR.
3. Menentukan efisiensi penyisihan COD dari air limbah artifisial domestik menggunakan sistem *trickling filter* skala laboratorium.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai prinsip kerja *trickling filter* dengan media ijuk dalam menyisihkan COD dan nilai OTR dari air limbah artifisial.
2. Menyediakan data awal mengenai efektivitas serat *Arenga pinnata* sebagai alternatif media *biofilm* alami pengganti media sintetis pada *trickling filter*.
3. Mendorong pemanfaatan bahan alami lokal yang ramah lingkungan dalam pengembangan sistem pengolahan air limbah berbasis *biofilm*.
4. Menjadi acuan awal untuk penelitian lanjutan dan pengembangan teknologi pengolahan limbah cair skala laboratorium maupun skala kecil

5. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi tepat guna di bidang pengolahan limbah cair, khususnya yang berorientasi pada efisiensi dan keberlanjutan.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Laboratorium Air, Departemen Teknik Lingkungan UNAND dengan waktu penelitian 30 hari.
2. Reaktor kontinu berupa *trickling filter* dengan media ijuk (*Arenga pinnata*) yang merupakan pengolahan aerob dengan sistem aliran ke bawah. Media lekat yang digunakan pada reaktor yaitu ijuk yang disusun secara vertikal menggunakan benang dan turus.
3. Sampel yang digunakan pada penelitian ini berupa air limbah domestik artifisial dengan karakteristik yang mengacu pada karakteristik air limbah domestik asli.
4. Penelitian ini dilakukan dengan 2 perlakuan yaitu tanpa *seeding* dan dengan *seeding*, penambahan *seeding* dilakukan pada hari ke-9 setelah pengambilan sampel didiamkan selama 2 hari, kemudian di-*running* kembali di hari ke-11 untuk kondisi *seeding*.
5. Sumber mikroorganisme pada proses *seeding* berasal dari lumpur aktif (*activated sludge*) dari PT. Abaisiat Raya.
6. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sampel di 5 titik dengan ketinggian yang berbeda pada media lekat ijuk (*Arenga pinnata*) reaktor *trickling filter*.
7. Penelitian ini menggunakan 3 variasi HRT yaitu 12 jam; 8 jam; dan 6 jam dengan waktu pengambilan sampel 3 kali pada selang waktu 3 hari.
8. Parameter yang dianalisis meliputi parameter fisik yaitu pH dan parameter kimia berupa DO, *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Oxygen Transfer Rate* (OTR), dengan data BOD dan lainnya diambil dari data Tim penelitian.
9. Analisis COD dengan metode spektrofotometri yang mengacu pada SNI 6989.2:2019 tentang Cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand*/COD) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri dan SNI 06-6989.14-2004 tentang Cara uji oksigen terlarut secara yodometri (modifikasi azida).

10. *Trickling filter* yang digunakan adalah reaktor skala laboratorium berbentuk kolom vertikal dengan aliran ke bawah (*down-flow*) dan media *biofilm* serat *Arenga pinnata*. Penelitian difokuskan pada evaluasi profil COD dan *Oxygen Transfer Rate* (OTR) tanpa modifikasi desain reaktor.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan uraian garis besar tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang literatur, uraian teori, konsep, dan hasil penelitian terdahulu yang menjadi dasar dalam pelaksanaan penelitian mengenai pengolahan air limbah menggunakan unit *trickling filter* dengan media ijuk (*Arenga pinnata*) pada kondisi *seeding* dan *non seeding*. Pada bab ini dijelaskan teori-teori yang berkaitan dengan karakteristik air limbah, parameter kualitas air limbah seperti COD, DO, pH, prinsip kerja *trickling filter*, proses biodegradasi oleh mikroorganisme, serta konsep *Oxygen Transfer Rate* (OTR). Selain itu, bab ini juga memuat penelitian terdahulu yang relevan sebagai pembanding dan pendukung penelitian yang dilakukan. Uraian teori dalam bab ini digunakan sebagai landasan dalam analisis hasil penelitian dan pembahasan pada bab selanjutnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahapan penelitian yang dilakukan, studi literatur, persiapan percobaan mencakup alat dan bahan, metode sampling, metode analisis laboratorium, serta lokasi dan waktu penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi penyajian dan analisis data hasil penelitian pengolahan air limbah menggunakan *trickling filter* bermedia ijuk (*Arenga pinnata*) pada kondisi *seeding* dan *non seeding*. Pembahasan meliputi hasil pengukuran parameter COD, DO, pH, MLSS, dan MLVSS pada variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT), serta analisis nilai *Oxygen Transfer Rate* (OTR) dan

koefisien transfer oksigen (KLa). Hasil penelitian dianalisis untuk mengetahui pengaruh kondisi *seeding*, media biofilter, dan waktu tinggal terhadap efektivitas penyisihan bahan organik dan proses biologis yang terjadi di dalam unit *trickling filter*.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan simpulan dan saran berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan.

